

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jerami

Jerami adalah hasil samping usaha pertanian berupa tangkai dan batang tanaman sereal yang telah kering, setelah biji-bijiannya dipisahkan. Massa jerami kurang lebih setara dengan massa biji-bijian yang dipanen. Jerami memiliki banyak fungsi, di antaranya sebagai bahan bakar, pakan ternak, alas atau lantai kandang, pengemas bahan pertanian (misal telur), bahan bangunan (atap, dinding, lantai), mulsa, dan kerajinan tangan. Jerami umumnya dikumpulkan dalam bentuk gulungan, diikat, maupun ditekan. Mesin baler dapat membentuk jerami menjadi gulungan maupun kotak.

Jerami merupakan limbah pertanian terbesar serta belum sepenuhnya dimanfaatkan karena adanya faktor teknis dan ekonomis. Pada sebagian petani, jerami sering digunakan sebagai mulsa pada saat menanam palawija. Hanya sebagian kecil petani menggunakan jerami sebagai pakan ternak alternatif di kala musim kering karena sulitnya mendapatkan hijauan. Di lain pihak jerami sebagai limbah pertanian, sering menjadi permasalahan bagi petani, sehingga sering di bakar untuk mengatasi masalah tersebut. Menurut Badan Pusat Statistik, produksi padi nasional mencapai 71,29 juta ton pertahun pada tahun 2011. Sedangkan produksi jerami padi dapat mencapai 12 - 15 ton per hektar per panen, bervariasi tergantung pada lokasi dan jenis varietas tanaman padi yang digunakan (Berita Resmi Statistik, 2013).

Biomassa berselulosa terbentuk dari tiga komponen utama yakni selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa merupakan komponen utama yang terkandung dalam dinding sel tumbuhan dan mendominasi hingga 50% berat kering tumbuhan. Jerami padi diketahui memiliki kandungan selulosa yang tinggi, mencapai 39.1% berat kering, 27.5% hemiselulosa dan kandungan lignin 12,5%. Komposisi kimia limbah pertanian maupun limbah kayu tergantung pada spesies tanaman, umur tanaman, kondisi lingkungan tempat tumbuh dan langkah pemrosesan. Kandungan jerami dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan Jerami Padi

Komponen	Kandungan (%)
Hemiselulosa	27,5
Selulosa	39,1
Lignin	12,5
Abu	11,5

Sumber : Karimi (2006)

Potensi etanol dari jerami padi menurut Kim dan Dale (2004) adalah sebesar 0,28 L/Kg jerami. Dan menurut Badger (2002) adalah sebesar 0,20 L/Kg jerami.

2.2 Bioetanol

Bioetanol merupakan bahan kimia sejenis alkohol yang terbuat dari bahan baku tanaman. Etanol merupakan senyawa alkohol yang mempunyai dua atom karbon (C_2H_5OH). Etanol adalah cairan biokimia yang berasal dari proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat seperti jagung, jerami, dan tebu dengan menggunakan bantuan mikroorganisme, karena pembuatannya melibatkan proses biologis, produk etanol yang dihasilkan diberi nama bioetanol (Yudiarto, 2007). Etanol memiliki beberapa sifat yaitu larutan yang tidak berwarna (jernih), berfase cair pada temperatur kamar, mudah menguap, serta mudah terbakar. Etanol adalah bahan bakar beroktan tinggi dan dapat menggantikan timbal sebagai peningkat nilai oktan dalam bensin. Pencampuran etanol dengan bensin akan mengoksidasi campuran bahan bakar sehingga dapat terbakar lebih sempurna dan mengurangi emisi gas buang.

Bioetanol adalah etanol yang dihasilkan dari fermentasi glukosa (gula) yang dilanjutkan dengan proses destilasi. Proses destilasi dapat menghasilkan etanol dengan kadar 95% volume, untuk digunakan sebagai bahan bakar (biofuel) perlu lebih dimurnikan lagi hingga mencapai 99% yang lazim disebut fuel grade ethanol (FGE) (Musnif, 2012). Bioethanol tidak saja menjadi alternatif yang sangat menarik untuk substitusi bensin, namun mampu juga menurunkan emisi CO_2 . Dalam hal prestasi mobil, bioethanol dan gasohol (kombinasi bioethanol dan bensin) tidak kalah dengan bensin. Pada dasarnya pembakaran bioethanol tidak

menciptakan CO₂ netto ke lingkungan karena zat yang sama akan diperlukan untuk pertumbuhan tanaman sebagai bahan baku bioethanol.

Tabel 2. Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol (SNI 7390-2008)

Parameter	Unit, Min/Max	Spesifikasi	Metode Uji (SNI 7390-2008)
Kadar etanol	%-v, min.	99,5 (sebelum denaturasi) 94,0 (setelah denaturasi)	Sub 11.1
Kadar metanol	mg/L, max.	300	Sub 11.1
Kadar air	%-v, max.	1	Sub 11.2
Kadar denaturan	%-V, min.	2	Sub 11.3
	%-V, max	5	
Kadar Cu	Mg/kg, max	0,1	Sub 11.4
Keasaman CH ₃ COOH	sbg mg/L, max.	30	Sub 11.5
Tampakan		Jernih & tdk ada endapan	Peng. visual
Ion klorida	mg/L, max.	40	Sub 11.6
Kandungan Sulfur	mg/L, max.	50	Sub 11.7
Getah dicuci	(gum), mg/100 mL, max.	5,0	Sub 11.8
pH		6,5-9,0	Sub 11.9

Sumber: Ahmad Budi Junaidi

2.3 Bahan-bahan Pendukung Dalam Proses Pembuatan Bioetanol

2.3.1 Enzim Xylanase

Xylanase adalah enzim dari kelas hidrolase (EC 3.2.1.8) yang berperan dalam mendegradasi polisakarida linear β -1,4-xylan menjadi xylosa serta memecah hemiselulosa, yang merupakan salah satu komponen utama dari dinding sel tumbuhan. Xylanase mempunyai banyak kegunaan, salah satunya adalah untuk biokonversi sisa-sisa tanaman yang mengandung lignoselulosa menjadi gula dan etanol. Banyak mikroorganisme yang mampu menghasilkan xylanase, di antaranya adalah bakteri, ragi dan fungi berfilamen, seperti *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Cryptococcus*, *Fusarium*, dan sebagainya.

Xylanase juga memiliki banyak manfaat yang dapat diaplikasikan dalam industri, seperti sebagai agen pemutih dalam industri kertas, meningkatkan

kandungan nutrisi pakan ternak, dan sebagai agen klarifikasi dalam pembuatan jus dan wine. Sebagian besar Xylanase diketahui optimum pada suhu di bawah 50°C dan aktif pada pH asam atau netral. Xylanase yang aktif pada suhu tinggi serta pH basa, sangatlah berguna karena dapat digunakan pada berbagai tahap proses *bleaching* tanpa perlu mengubah pH atau suhu proses. Xylanase yang berasal dari *P.oxalicum* diketahui dapat digunakan pada suhu tinggi dan pH basa.

2.3.2 Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*)

Saccharomyces cerevisiae merupakan genus khamir/ragi/en:yeast yang memiliki kemampuan mengubah glukosa menjadi alkohol dan CO₂. *Saccharomyces* merupakan mikroorganisme bersel satu tidak berklorofil, termasuk termasuk kelompok Eumycetes. Tumbuh baik pada suhu 30°C dan pH 4,8. Beberapa kelebihan *saccharomyces* dalam proses fermentasi yaitu mikroorganisme ini cepat berkembang biak, tahan terhadap kadar alkohol yang tinggi, tahan terhadap suhu yang tinggi, mempunyai sifat stabil dan cepat mengadakan adaptasi. Menurut Dr. Anton Muhibuddin (2011), beberapa spesies *Saccharomyces* mampu memproduksi ethanol hingga 13.01 %. Hasil ini lebih bagus dibanding genus lainnya seperti *Candida* dan *Trochosporon*. Pertumbuhan *Saccharomyces* dipengaruhi oleh adanya penambahan nutrisi yaitu unsur C sebagai sumber carbon, unsur N yang diperoleh dari penambahan urea, ZA, amonium dan pepton, mineral dan vitamin. Suhu optimum untuk fermentasi antara 28 – 30 °C. Beberapa spesies yang termasuk dalam genus ini diantaranya yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces boullardii*, dan *Saccharomyces uvarum*.

Jamur *Saccharomyces cerevisiae*, atau di Indonesia lebih dikenal dengan nama jamur ragi, telah memiliki sejarah yang luar biasa di industri fermentasi. Karena kemampuannya dalam menghasilkan alkohol inilah, *S. cerevisiae* disebut sebagai mikroorganisme aman (*Generally Regarded as Safe*) yang paling komersial saat ini (Aguskrisno, 2011).

Saccharomyces cerevisiae berfungsi dalam pembuatan roti dan bir, karena *Saccharomyces* bersifat fermentatif (melakukan fermentasi, yaitu memecah

glukosa menjadi karbon dioksida dan alkohol) kuat. Namun, dengan adanya oksigen, *Saccharomyces* juga dapat melakukan respirasi yaitu mengoksidasi gula menjadi karbon dioksida dan air.

S. cerevisiae merupakan powerhouse bagi riset biologi molekuler dan genetika. Organisme ini menjadi model untuk mempelajari metabolisme, genetika, termasuk aplikasinya dalam metabolic engineering di organisme tingkat tinggi. Di industri, yeast ini digunakan untuk produksi alkohol dan asam organik karena ketahanannya terhadap kedua produk di atas. Single cell protein diperoleh dari fermentasi yeast. Industri fermentasi terbesar di dunia dalam skala produksi adalah fermentasi gula (sucrose, glucose) oleh yeast ini menjadi alkohol (ethanol).

2.4 Proses Pembuatan Bioetanol

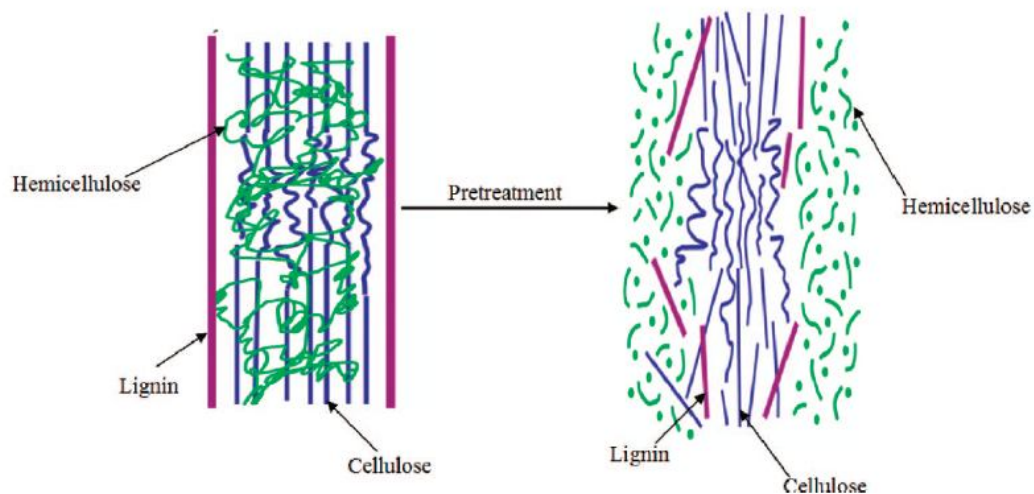
2.4.1 Proses *Pre-treatment* (Delignifikasi)

Dalam proses pembuatan bioetanol dari jerami padi yang digunakan adalah selulosa sehingga lignin yang terkandung pada jerami tersebut harus dihilangkan. Proses pemisahan atau penghilangan lignin dari serat – serat selulosa ini disebut proses delignifikasi atau *pulping*. Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan secara fisika, fisika-kimia, kimia, biologis maupun kombinasi dari cara-cara tersebut (Sun dan Cheng 2002).

- 1) Perlakuan pendahuluan secara fisika antara lain berupa pencacahan secara mekanik, penggilingan dan penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa.
- 2) Perlakuan pendahuluan secara fisika-kimia antara lain dengan menggunakan *steam explosion*, *ammonia fiber explosion* (AFEX), dan *CO₂ explosion*. Pada metode ini, partikel biomassa dipaparkan pada suhu dan tekanan tinggi, kemudian secara cepat tekanan diturunkan sehingga bahan mengalami dekompresi eksplosif.
- 3) Perlakuan pendahuluan secara kimia, di antaranya dengan ozonolisis, hidrolisis asam, hidrolisis alkali, delignifikasi oksidatif, dan proses organosolv.

4) Perlakuan secara biologis. Pada metode ini, digunakan mikroorganisme jamur pelapuk coklat, jamur pelapuk putih, dan jamur pelunak untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa yang ada dalam bahan lignoselulosa. Di antara ketiga jamur tersebut, yang paling efektif untuk perlakuan pendahuluan pada bahan lignoselulosa adalah jamur pelapuk putih (*white-rot fungi*).

Proses *pretreatment* dan hidrolisa merupakan tahapan proses yang sangat penting yang dapat mempengaruhi perolehan yield etanol. Proses *pretreatment* dilakukan untuk mengkondisikan bahan-bahan lignosellulosa baik dari segi struktur dan ukuran. Proses ini dilakukan karena beberapa faktor seperti kandungan lignin, ukuran partikel dan kemampuan hidrolisis dari selulosa dan hemiselulosa. Proses *pretreatment* bertujuan agar terbukanya struktur lignoselulosa sehingga selulosa lebih mudah diakses oleh enzim yang akan memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. Proses *pretreatment* menyediakan akses yang lebih mudah kepada enzim sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa dan xilosa. skema *pretreatment* ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



Gambar 1. Skema *pretreatment* dalam konversi biomassa menjadi bahan bakar
Sumber : Barrett, 2009

Pretreatment yang efektif dapat memberikan beberapa keuntungan diantaranya dapat membentuk gula secara langsung atau pada saat hidrolisis,

mencegah kehilangan gula, membatasi terbentuknya senyawa penghambat, mengurangi kebutuhan energi, dan mengurangi biaya. Salah satu *pretreatment* yang dapat dilakukan dalam pembuatan bioetanol dari bahan berselulosa adalah dengan metode *pretreatment steam explosion*. *Pretreatment* ini berlangsung dengan memanaskan biomassa menggunakan suhu dan tekanan uap yang tinggi (tekanan 10-15 psi dan suhu $\pm 125^{\circ}\text{C}$). Pada *pretreatment steam explosion*, suhu dan tekanan tinggi tersebut akan bekerja untuk menghancurkan lignin yang melindungi selulosa sehingga selulosa akan mudah untuk keluar dan dikonversi menjadi glukosa menggunakan enzim.

2.4.2 Treatment

Selulosa yang terdapat pada bahan baku dikonversi menjadi gula kompleks menggunakan Enzim Xylanase melalui proses pemanasan (pemasakan) pada suhu 90°C (hidrolisis). Pada kondisi ini tepung akan mengalami gelatinasi (mengental seperti Jelly). Pada kondisi optimum Enzim Xylanase akan bekerja memecahkan struktur tepung secara kimia menjadi gula kompleks (dextrin). Proses Liquifikasi selesai ditandai dengan parameter bubur yang diproses berubah menjadi lebih cair seperti sup. Sedangkan proses Sakarifikasi (pemecahan gula kompleks menjadi gula sederhana) melibatkan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- Pendinginan bubur sampai mencapai suhu optimum Enzim bekerja.
- Pengaturan pH optimum enzim.
- Penambahan Enzim secara tepat dan mempertahankan pH serta temperatur pada suhu 60°C hingga proses sakarifikasi selesai.

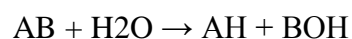
2.4.3 Hidrolisis

Hidrolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan air untuk memisahkan ikatan kimia dari substansinya. Proses ini bertujuan untuk memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan. Dengan rusaknya struktur kristal selulosa akan mempermudah terurainya selulosa menjadi glukosa. Selain itu, hemiselulosa turut terurai menjadi senyawa gula sederhana: glukosa,

galaktosa, manosa, heksosa, pentosa, xilosa dan arabinosa. Selanjutnya senyawa-senyawa gula sederhana tersebut yang akan difermentasi oleh mikroorganisme menghasilkan etanol (Osvaldo, 2012).

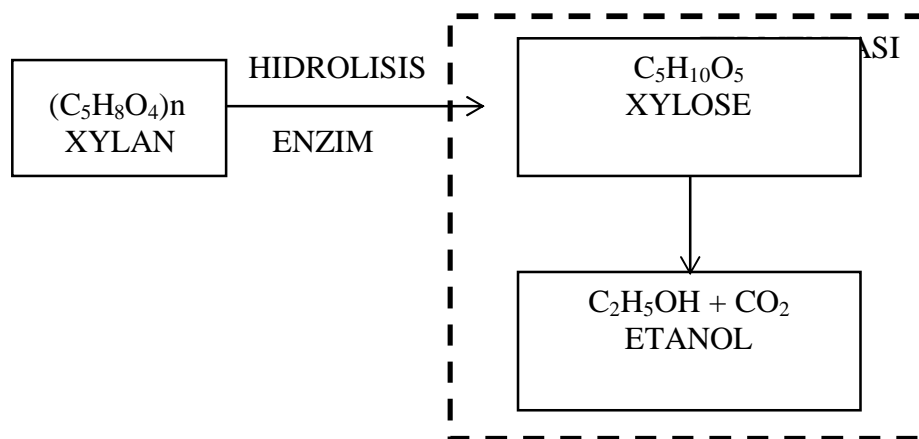
Proses hidrolisis menggunakan enzim biasanya lebih disukai daripada proses menggunakan asam karena enzim bekerja lebih spesifik sehingga tidak menghasilkan produk yang tidak diharapkan, dapat digunakan pada kondisi proses yang lebih ringan, dan lebih ramah lingkungan. (Hengky Muljana, 2013)

Pada proses hidrolisis secara enzimatik dapat digunakan enzim selulase atau enzim lainnya yang dapat memecah selulosa menjadi monomer-monomernya. Aplikasi hidrolisis menggunakan enzim secara sederhana dilakukan dengan mengganti tahap hidrolisis asam dengan tahap hidrolisis enzim. Hidrolisis enzimatik memiliki beberapa keuntungan dibandingkan hidrolisis asam, antara lain tidak terjadi degradasi gula hasil hidrolisis, kondisi proses yang lebih lunak (pH sekitar 4,70-4,80 dan suhu 45–50°C), tidak terjadi reaksi samping, lebih ramah lingkungan, dan tidak melibatkan bahan - bahan yang bersifat korosif (Cheng & Timilsina, 2011; Schacht et al., 2008). Hidrolisis merupakan reaksi kimia yang memecah molekul menjadi dua bagian dengan penambahan molekul air (H₂O), dengan tujuan untuk mengkonversi polisakarida menjadi monomer-monomer sederhana. Satu bagian dari molekul memiliki ion hidrogen (H⁺) dan bagian lain memiliki ion hidroksil (OH⁻). Umumnya hidrolisis ini terjadi saat garam dari asam lemah atau basa lemah (atau keduanya) terlarut di dalam air. Reaksi umumnya yakni sebagai berikut :



Akan tetapi, dalam kondisi normal hanya beberapa reaksi yang dapat terjadi antara air dengan komponen organik. Penambahan asam, basa, atau enzim umumnya dilakukan untuk membuat reaksi hidrolisis dapat terjadi pada kondisi penambahan air tidak memberikan efek hidrolisis. Asam, basa maupun enzim dalam reaksi hidrolisis disebut sebagai katalis, yakni zat yang dapat mempercepat terjadinya reaksi.

Berikut ini merupakan skema reaksi hidrolisa yang terjadi dengan menggunakan sistem enzimatik:



Gambar 2. Skema Proses Hidrolisa Dalam menggunakan Sistem Enzimatik
Sumber: Samsuri, 2007

2.4.4 Fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen). Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi, terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal.

Gula adalah bahan yang umum dalam fermentasi. Beberapa contoh hasil fermentasi adalah etanol, asam laktat, dan hidrogen. Akan tetapi beberapa komponen lain dapat juga dihasilkan dari fermentasi seperti asam butirat dan aseton. Ragi dikenal sebagai bahan yang umum digunakan dalam fermentasi untuk menghasilkan etanol dalam bir, anggur dan minuman beralkohol lainnya. Respirasi anaerobik dalam otot mamalia selama kerja yang keras (yang tidak memiliki akseptor elektron eksternal), dapat dikategorikan sebagai bentuk fermentasi yang menghasilkan asam laktat sebagai produk sampingannya. Akumulasi asam laktat inilah yang berperan dalam menyebabkan rasa kelelahan pada otot.

Fermentasi alkohol merupakan suatu reaksi perubahan glukosa menjadi etanol (etil alkohol) dan karbon dioksida. Organisme yang berperan yaitu

Saccharomyces cerevisiae (ragi) untuk pembuatan tape, roti atau minuman keras. Reaksi dalam fermentasi berbeda-beda tergantung pada jenis gula yang digunakan dan produk yang dihasilkan. Secara singkat, glukosa ($C_6H_{12}O_6$) yang merupakan gula paling sederhana, melalui fermentasi akan menghasilkan etanol ($2C_2H_5OH$). Reaksi fermentasi ini dilakukan oleh ragi, dan digunakan pada produksi makanan.